



Reconnaissance de l'ignimbrite campanienne près du golfe de Policastro (Italie), jusqu'à 150 km de sa zone d'émission. Implications volcanologiques et paléoenvironnementales

Guy Kieffer, Gérard Vernet, Jean-Paul Raynal

► To cite this version:

Guy Kieffer, Gérard Vernet, Jean-Paul Raynal. Reconnaissance de l'ignimbrite campanienne près du golfe de Policastro (Italie), jusqu'à 150 km de sa zone d'émission. Implications volcanologiques et paléoenvironnementales. Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série IIa, Sciences de la terre et des planètes, 2000, t. 330, pp.105-110. halshs-00004133

HAL Id: halshs-00004133

<https://shs.hal.science/halshs-00004133>

Submitted on 14 Jul 2005

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Reconnaissance de l'ignimbrite campanienne près du golfe de Policastro (Italie), jusqu'à 150 km de sa zone d'émission. Implications volcanologiques et paléoenvironnementales.

Recognition of the Campanian Ignimbrite near the Gulf of Policastro (Basilicata, Italy), 150 km from the eruptive vent. Vulcanological and palaeoenvironmental implications.

Note de Guy KIEFFER , Gérard UERNET et Jean-Paul RAYNAL

Résumé : La reconnaissance de pyroclastites de faciès et de composition chimique caractéristiques de l'ignimbrite campanienne à 150 km de Naples, près du golfe de Policastro, double l'extension jusqu'alors établie vers le Sud-Est sur le continent pour cette éruption préhistorique majeure dont la magnitude est sans doute plus importante qu'on ne le supposait.

Abstract : Pyroclastites whose facies and chemical composition are congruent with those described for the Campanian Ignimbrite have been recognised close to the Gulf of Policastro, 150 km south east of Naples. This doubles the extent in that direction hitherto known for this igneous event which appears of greater magnitude than previously hypothesised.

Mots-clés : Italie, Campanie, Ignimbrite, Pléistocène supérieur, sites préhistoriques, impacts distaux.

Key-words : Italy, Campania, Ignimbrite, Upper Pleistocene, prehistoric sites, distal impacts.

Abridged English Version :

The Campanian Ignimbrite covers a vast area of the Mediterranean (30 000 km², 80 to 500 km³) (Thunell *et al.*, 1978, Fisher *et al.*, 1993). It results from a major igneous phase (Barberi *et al.*, 1978) localised in the Phlegrean volcanic Field (Rosi *et al.*, 1987, Fisher *et al.* 1993) or to the north of Naples (Scandone *et al.*, 1991, Rossano *et al.*, 1996), hypothesis accepted here (figure 1).

A series of dates obtained by different methods for this formation place it approximatively 35 ka BP (Gillot *et al.*, 1982, Alessio *et al.*, 1971, 1973), maybe resulting from several events (Paterne *et al.*, 1988, Fisher *et al.*, 1993).

The previously recognised extent of this material is considerable, from about Roccamonfina to the north west (40km), Benevento to the north east (45 km) and Salerno (56km) eastward.

Interstratified tephra layers were surveyed in archaeological deposits in underground caves on the Cilento coastline near Marina di Camerota and Scario where several tephric levels were counted and an outcrop of ignimbrite was recognised out of the karst cavities. Its characteristics permit one to suppose that it belongs to this major eruption and stands witness to its extreme extension toward the Southeast being 148 km from the center of the supposed broadcast zone (figure 1).

1 - LOCALISATION AND DESCRIPTION OF THE MAIN OUTCROP

It manifests as a bank about 0,80 m thick, several decametres in extension, emerging at Cala Bianca close to the Gulf of Policastro (Kieffer *et al.*, 1998), about 300 m from the coastline, at 50 m NGM of altitude, with a dip of 16° N 160.

2 - FACIOLOGY

2.1 - Macrofacies

The yellow-orange material has been hardened by welding and its fluidity is expressed by elongate black vesicular scoria (fiamme), a few centimetres in length, with phenocrystals of potassic feldspars. This facies is identical to the series of the Naples region. However, this differs from the distal gray facies encountered from Sorrento, Tocco Caudio, Maiori and Salerno in which one still notes the occurrence of pumice and stretched dark scorias.

2.2 - Microfacies

In thin section, one observes oriented vitroclastic welded structures and splinters of glass that present a fluidal texture. Some coarser pumice has a less distinctly oriented texture. Also evident are some fragments of very feldspathic lava and the presence of many phenocrystals of potassic feldspars, plagioclase, an automorphic clinopyroxene, biotite mica and a small proportion of opaque minerals. These characteristics are congruent with those described for the Campanian Ignimbrite (Barberi *et al.*, 1978).

2.3 - Chemical composition

Chemical analyses have been undertaken on glass using electron microprobe. This indicates a trachytic magma, comparable with proximal outcrops (Barberi *et al.*, 1978). Another outcrop, in an archaeological context in the Grotta Grande di Scario, has an identical chemical composition but the facies is minus some characteristics (Table 1, figure 2).

3 - DISCUSSION

The outcrop of Cala Bianca indicates the extremity of the Campanian Ignimbrite towards the south-east. There is no other possible source in Italian volcanics. Elements of local chronology are in agreement with this hypothesis.

The extension proposed here based on this new outcrop supposes the existence of a cloud very well developed in height. The progression of this and the resultant deposit have been extensively controlled by the topography, so that it was capable of clearing the relief and reaching the Cilento coastline. Here it abandoned fine material sufficiently hot to stretch and to weld itself.

The dimension of the event is considerable and compares favourably with those already known to have generated ignimbrites that cleared some important topographic barriers, e.g. 70 km and heights of 600 m for the pyroclastic stream of Ito in Japan (Aramaki and Ui, 1966, Yokoyama, 1974), 45 km and heights of 1500 m for the ignimbrite of Taupo in New Zealand (Wilson 1985, Wilson and Walker 1985).

4 - CONCLUSION

Widespread Campanian ignimbrite distal outcrops known on the continent until now have depths of several meters. There is no doubt that other thinner occurrences have either been destroyed or escaped investigation.

The outcrop of Cala Bianca, probably belongs to the main body of pyroclastic emission and tephra at Grotta Grande di Scario and Porto Infreschi to the co-ignimbritic cloud. They are probably not isolated but are the first witness of these major prehistoric eruption that can be observed 150 km distant from the supposed point of eruption. Our observations double the extension hitherto known toward the Southeast for Campanian Ignimbrite.

This igneous phase appears of a greater magnitude to those hypothesised hitherto and its environmental aftermaths were necessarily considerable at a time which is critical for the evolution of prehistoric human groups, let say the transition between Mousterian and Upper Paleolithic cultures.

L'ignimbrite campanienne est le plus vaste recouvrement pyroclastique de l'aire méditerranéenne avec 30 000 km² de superficie supposée et un volume de matériaux émis estimé de 80 km³ (Thunell *et al.*, 1978) à 500 km³ (Fisher *et al.*, 1993). Elle résulte d'une phase éruptive majeure (Barberi *et al.*, 1978) initialement supposée dans les Champs Phlégréens (Rosi *et al.*, 1987 ; Fisher *et al.* 1993) mais également localisée au Nord de Naples (Scandone *et al.*, 1991 ; Rossano *et al.*, 1996), hypothèse retenue ici (figure 1).

L'extension jusqu'alors reconnue est déjà considérable. Cet écoulement pyroclastique a franchi des reliefs de mille mètres d'altitude vers le Nord-Est, traversé sur 25 km l'emplacement actuel du golfe de Naples jusqu'à Sorrento avant de franchir les crêtes de la péninsule sorrentine et de napper les dépressions du littoral amalfitain au Sud-Est. Dans l'hypothèse d'un point éruptif localisé au Nord de Naples (Scandone *et al.*, 1991), l'ignimbrite aurait parcouru radialement au moins 80 km (Rossano *et al.*, 1996) : des témoins existent à Roccamonfina au Nord-Ouest (40 km), dans les environs de Benevento au Nord-Est (Cusano, 45 km) et autour de Salerno à l'Est (56 km). Sa vitesse minimum à 50 km du point éruptif a été estimée à 100 m/s (Sparks *et al.*, 1978) et sa vitesse initiale à 160 m/s (Rossano *et al.*, 1996).

Plusieurs datations obtenues par différentes méthodes sur cette formation la situent aux environs de 35 ka BP (Gillot *et al.*, 1982, Alessio *et al.*, 1971, 1973) mais la dispersion des âges suggère qu'elle se place dans une période éruptive marquée par plusieurs événements "Campanian Ignimbrite Series" (Paterne *et al.*, 1986) ou "Campanian eruptive events" (Fisher *et al.*, 1993).

Dans le cadre de l'étude des téphras interstratifiées dans les dépôts archéologiques des grottes du littoral du Cilento, entre Marina di Camerota et Scario, plusieurs niveaux téphriques ont été recensés et un affleurement d'ignimbrite a également été reconnu hors des cavités karstiques : ses caractères permettent de supposer qu'il se rattache à cette éruption majeure et d'en faire un lambeau témoin de son extrême extension vers le Sud-Est, à 148 km du centre de la zone d'émission supposée (figure 1).

1 - LOCALISATION ET DESCRIPTION DES L'AFFLEUREMENTS

1.1 - Cala Bianca

Cet affleurement est situé à proximité de Camerota, au Nord-Est du Golfe de Policastro (Kieffer *et al.*, 1998). Il s'agit d'un banc d'environ 0,80 m de puissance, d'extension pluridécamétrique, qui nappe un versant, à 300 m environ du littoral vers 50 m NGM d'altitude, avec un pendage de 16° N 160.

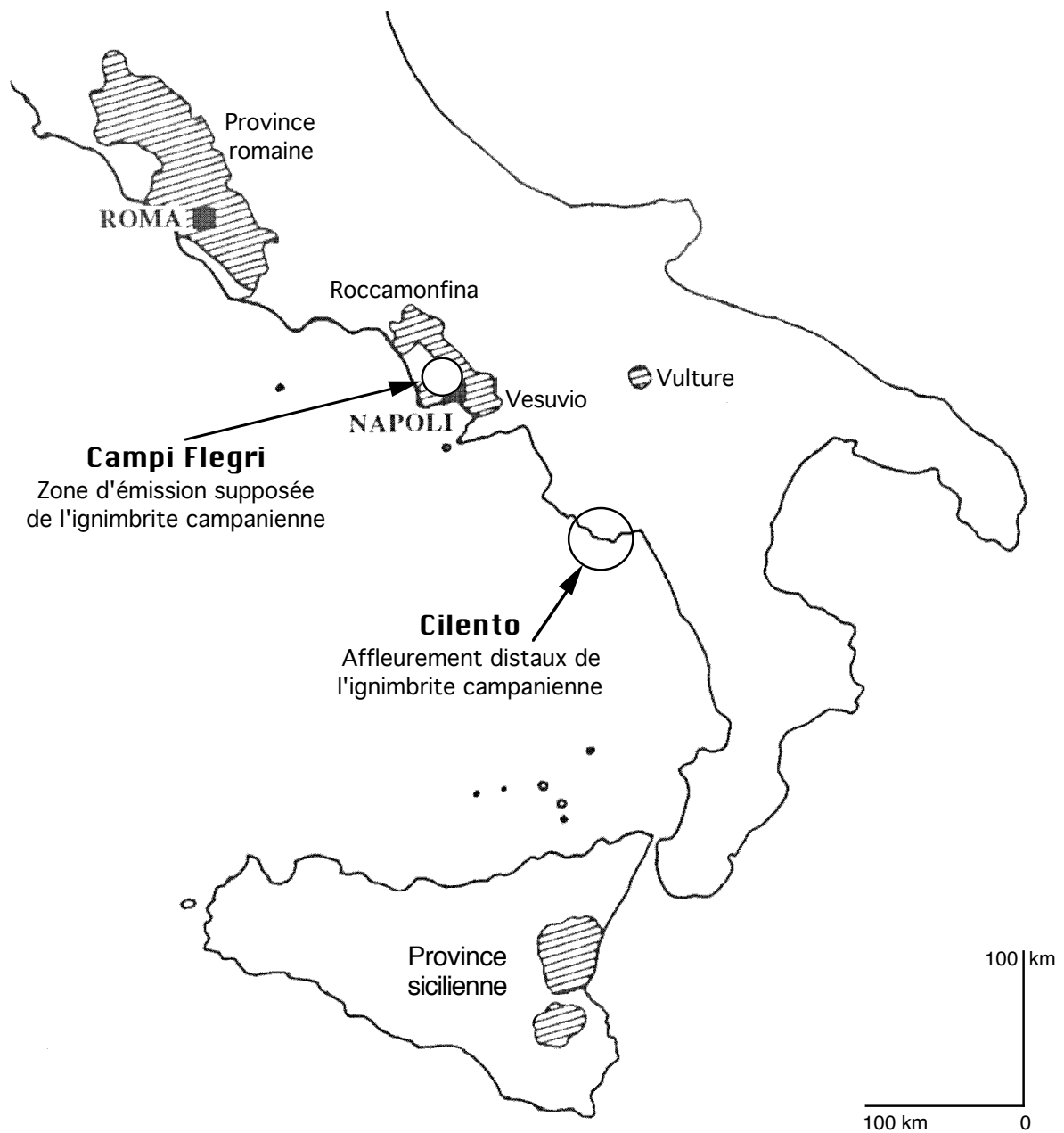


Figure 1 - Les témoins de l'ignimbrite campanienne sur le littoral du Cilento dans le cadre général du volcanisme italien.
General setting of Italian volcanism and location of outcrops of the Campanian Tuff along the Cilento coastline.

1.2 - Grotta Grande di Scario

Un niveau téphrique de 0,10 m d'épaisseur moyenne identifié au sommet de la séquence d'un sondage près de l'entrée de la grotte, scelle des dépôts archéologiques contenant des outillages du Paléolithique moyen (Moustérien de technique Levallois) et reposant sur une plage à strombes du dernier interglaciaire (stade isotopique 5) (Ronchitelli, 1995).

1.3 - Porto Infreschi

Dans cette cavité, un niveau téphrique de 0,20 m d'épaisseur moyenne avec une pente de 15° vers la mer est intercalé dans des dépôts archéologiques contenant des outillages du Paléolithique moyen (Moustérien de technique Levallois) qui repose sur un conglomérat marin (Sarti, 1995).

2 - FACIOLOGIE

2.1 - Macrofaciès

A Cala Bianca, le matériel, de couleur jaune-orangé, est induré par soudure et sa fluidité est exprimée par des fiammes de scories noires vésiculées, centimétriques en longueur et millimétriques en épaisseur. Des phénocristaux de feldspaths potassiques sont visibles à l'oeil nu. Par sa couleur et sa structure, ce faciès est identique, à l'échelle près, à ceux d'affleurements de même nature de la région napolitaine (bien visible dans les constructions de Pompéi par exemple) mais diffère du faciès gris rencontré en position distale à Sorrento, Tocco Caudio, Maiori et Salerno dans lequel on note cependant toujours la présence de ponces et scories noires étirées.

Dans les cavités de Grotta Grande di Scario et de Porto Infreschi, le macrofaciès est massif et moins caractéristique.

2.2 - Microfaciès

A Cala Bianca, on observe en lame mince l'association suivante : une structure vitroclastique soudée, avec orientation assez nette des éléments, le matériel étant relativement altéré (produits rouille à opaques en imprégnation principalement sur des minéraux ou plus ou moins diffus) et des échardes de verre très fines, qui donnent un feutrage avec une orientation frustrée mais suffisante pour donner une texture fluidale. On observe des lamelles ou des esquilles de verre très fibreuses, plus grossières, étirées, avec quelques vacuoles généralement allongées dans le sens de l'étirement et disposées dans le plan de fluidité. Les fibres sont souvent imprégnées d'oxydes rouillâtres. On note de plus quelques ponces, plus grossières, de forme plus trapue, moins fibreuses et vacuolaires, à texture moins nettement orientée, çà et là imprégnées de traces d'oxydation et qui englobent parfois des feldspaths potassiques. On note aussi quelques fragments de laves très feldspathiques, certains très altérés avec des oxydations rouille et des éléments opaques, la présence de nombreux phénocristaux de feldspath potassique, des plagioclases moins nombreux, un clinopyroxène vert en cristaux automorphes, des lamelles de biotite et une petite proportion d'éléments opaques qui pour une part peuvent résulter de l'altération. Enfin, certaines plages à faible polarisation pourraient résulter de phénomènes de dévitrification... Ces caractères sont en accord

avec ceux déjà décrits pour l'ignimbrite campanienne (Barberi *et al.*, 1978). En particulier, à l'échelle près de la taille des éléments, on retrouve dans les autres affleurements cités *supra* le même feutrage d'échardes de verre, en particulier à Salerno.

A Grotta grande di Scario, on observe en lame mince une structure vitroclastique grossière plus ou moins soudée et orientée. Le dépôt est constitué de ponces millimétriques et de minéraux libres dans une matrice d'échardes de verre. L'orientation est marquée par des ponces allongées et des minéraux et une fissuration horizontale la souligne dans la partie sommitale du dépôt. Les ponces fibreuses sont soit étirées, soit globuleuses et très vésiculées. Les minéraux présents sont des feldspaths potassiques automorphes ou en éclats, des clinopyroxènes verts, de la biotite et sont associés à des éléments opaques. Les ponces les plus grossières sont concentrées à la base du dépôt ; la matrice d'échardes vitreuses est plus abondante dans sa partie supérieure : cette différenciation granulométrique peut résulter d'une retombée de panache co-ignimbritique

A Porto Infreschi, on observe en lame mince une structure vitroclastique plus ou moins soudée sans orientation. L'altération du matériel se marque par des taches rouille millimétriques. Les échardes de verre sont très fines. Les ponces fibreuses les plus grosses sont parfois étirées et on note quelques ponces vacuolaires. Les minéraux présents sont des feldspaths potassiques en éclats, de rares clinopyroxènes verts, de rares biotites et sont associés à des éléments opaques. La granulométrie du dépôt est fine ($Md_{\Phi} = 5,05$) et le matériel est bien classé ($\sigma_{\Phi} = 1,80$) bien que présentant une distribution bimodale. Il pourrait s'agir d'une retombée de panache co-ignimbritique.

2.3 - Composition chimique

Les analyses chimiques ont été réalisées sur verre à la microsonde. Elle indiquent un magma de nature trachytique, comparable à celui des affleurements plus proximaux (Barberi *et al.*, 1978). Un autre affleurement, en contexte archéologique dans la Grotta Grande di Scario, présente une composition chimique identique mais le faciès est moins caractéristique (tableau 1, figure 2).

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO _t	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
Cala Bianca	61,93	0,44	18,7	0,00	2,59	0,45	0,38	0,38	1,68	6,37	7,05	99,96
Gr. Grande di Scario	61,56	0,49	18,49	0,03	2,79	0,48	0,29	0,46	1,94	5,74	7,62	99,99
Barberi <i>et al.</i> , 1978	62,30	0,46	18,98		3,42			0,35	1,62	5,51	7,03	99,67

Tableau 1. Table 1

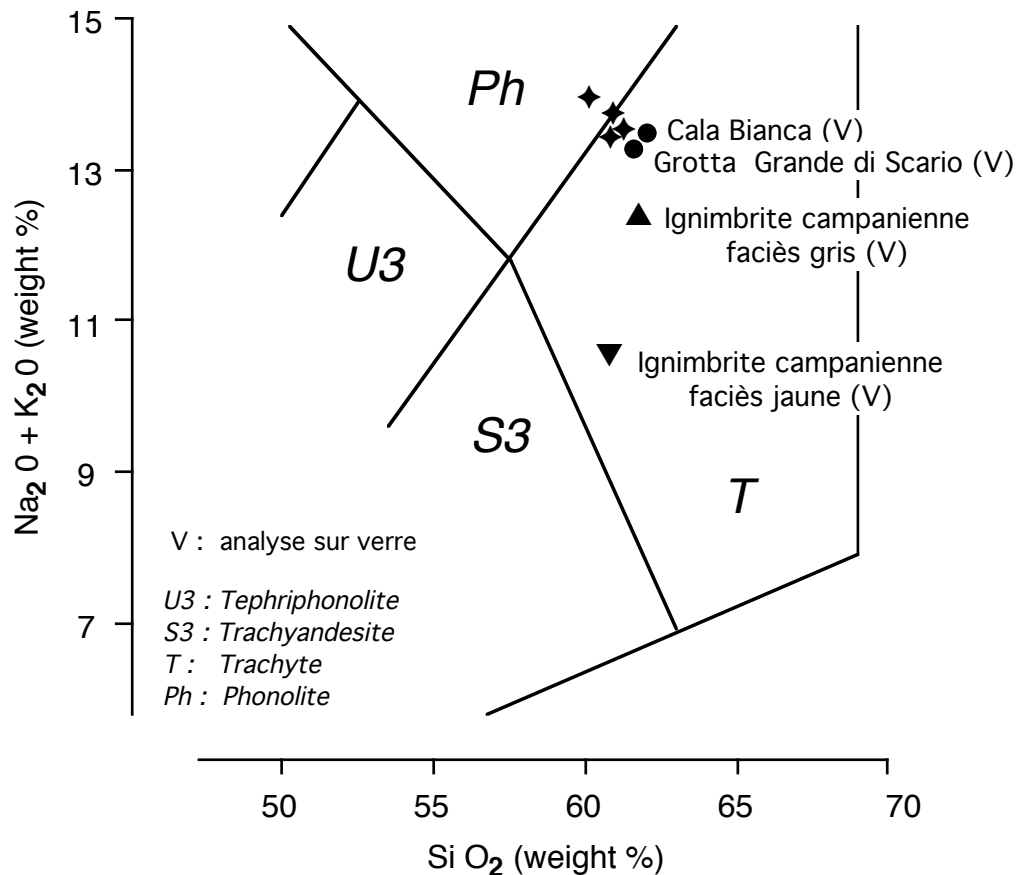


Figure 2 - Téphras identifiées entre Camerota et Scario et analyses de références pour l'ignimbrite campanienne (Barberi *et al.*, 1978) dans le diagramme $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ de Le Bas *et al.* (1986).
Chemical composition of tephra identified between Camerota and Scario and reference analysis for the Campanian Tuff (Barberi et al., 1978) in $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ diagram (Le Bas et al., 1986).

3 - DISCUSSION

Il est fort probable que les affleurements de Cala Bianca, Porto Infreschi et Grotta Grande di Scario soient des témoins de l'extension extrême de l'ignimbrite campanienne. Il n'existe d'ailleurs pas d'autre source possible dans le contexte du volcanisme italien. Les éléments de chronologie relative suggérés par les affleurements de la Grotta Grande di Scario et de Porto Infreschi (Ronchitelli, 1995 ; Sarti, 1995) sont en accord avec cette hypothèse.

Sur le plan dynamique, l'ignimbrite campanienne a déjà été interprétée comme résultant de l'écroulement d'une colonne éruptive (Sparks *et al.*, 1978) ou par le développement d'une nuée turbulente à forte détente gazeuse (Fisher *et al.*, 1993). L'hypothèse d'une nuée dense à expansion rapide et radiale a également été émise (Mastrolorenzo, 1987, Rossano *et al.*, 1996).

L'extension ici proposée sur la base des nouveaux affleurements suppose l'existence d'une nuée très développée en hauteur, dont la progression et le dépôt ont été très largement contrôlés par la topographie et qui fut capable, en un temps très bref, d'atteindre le littoral nord-occidental du golfe de Policastro et d'y abandonner un matériel fin mais encore assez chaud pour s'étirer et se souder... La chenalisation d'un

tel écoulement pyroclastique a dû jouer un rôle important dans sa progression. Dans l'hypothèse d'un point d'émission supposé au Nord de Naples, un couloir naturel existe vers le Sud-Est entre des reliefs dépassant 1100 m avant Salerno et atteignant plus de 1700 m au Nord du littoral du Cilento.

La dimension de l'événement est considérable et se compare aisément à ceux déjà connus pour avoir généré des ignimbrites ayant franchi des barrières topographiques importantes : 70 km par delà des reliefs de 600 m pour la coulée pyroclastique d'Ito au Japon (Aramaki et Ui, 1966 ; Yokoyama, 1974), 45 km avec des reliefs à 1500 m pour l'ignimbrite de Taupo en Nouvelle-Zélande (Wilson, 1985 ; Wilson et Walker, 1985).

Ses retombées co-ignimbritiques sont en tous cas connues à très longue distance en Méditerranée (Sparks et Huang, 1980 ; Paterne *et al.*, 1986, 1988). Des téphras de chimisme et de position chronologique comparables ont également été signalées dans l'Adriatique (Paterne, 1992) et en contexte archéologique en Bulgarie (Pawlikowski 1992) et dans les loess de Hongrie (Horwath, 1998).

4 - CONCLUSION

Les affleurements de l'ignimbrite campanienne jusqu'alors connus sur le continent et interprétés comme distaux présentent tous une puissance de plusieurs mètres : il ne fait pas de doute que d'autres témoins distaux et peu épais aient été détruits ou aient encore échappé aux investigations. L'affleurement de Cala Bianca, qui appartient sans doute au corps principal de l'écoulement pyroclastique, et les téphras de Grotta Grande di Scario et de Porto Infreschi, témoins du nuage co-ignimbritique, ne sont sans doute pas isolés et sont les premiers signalés à 150 km du point éruptif supposé. Nos observations permettent de doubler l'extension jusqu'ici connue pour cette formation.

Cette phase éruptive apparaît donc d'une magnitude supérieure aux hypothèses jusqu'ici admises. Ses conséquences environnementales furent nécessairement considérables et affectèrent sans doute durablement les écosystèmes et les populations préhistoriques. L'évaluation précise et quantifiée de ces impacts reste à établir.

Remerciements

Travail réalisé dans le cadre du projet *Espaces volcaniques préhistoriques* du GDR 1122 CNRS, co-financé par la région Aquitaine et la région Auvergne. Remerciements à E. Juvigné pour les analyses géochimiques effectuées à l'Université de Liège, P. Gambassini et A.M. Ronchitelli de l'Université de Sienne pour leur accueil et leur aide sur le terrain, G. Mastrolorenzo de l'Osservatorio Vesuviano, C. Albore-Livadie du Centre Jean Bérard, le CUEBC de Ravello et P. Bindon.

REFERENCES

- Alessio M., Bella F., Importa S., Belluomini G., Cortesi C., 1971. University of Roma carbon-14 dates IX. *Radiocarbon*, 13, 395-411.
- Alessio M., Bella F., Cortesi C., Turi B., 1973. . University of Roma carbon-14 dates XII. *Radiocarbon*, 15, 165-178.
- Aramaki, S. and Ui, T., 1966. The Aira and Ata pyroclastic flows and related caldera depressions in southern Kyushu, Japan. *Bull. Volcanol.*, 29: 29-47.

- Barberi F., Innocenti F., Lirer L., Munno R., Pescatore T., Santacroce R., 1978. The Campanian Ignimbrite : a Major Prehistoric Eruption in the Napolitan Area (Italy). *Bulletin Volcanologique*, vol. 41-1, 10-31.
- Di Girolamo P., 1970. Differenziazione gravitativa e curve isochimiche nella ignimbrite campana. *Rend. Soc. It. Min. e Petr.* 26-2, 547-588
- Fisher R.V., Orsi G., Ort M., Heiken G., 1993. Mobility of a large-volume pyroclastic flow-emplacement of the campanian ignimbrite, Italy. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, vol. 56, 205-220.
- Gillot P.Y., Chiesa S., Pasquore G., Vezzoli L., 1982. <30.000 Yr K/A dating of the volcano-tectonic horst of the Isle of Ischia, Gulf of naples. *Nature*, 299, 242-244.
- Horwath E., 1998. The importance of tephrostratigraphy in the Hungarian loess research. *Colloque INQUA/UISPP Téphrochronologie et co-existence hommes-volcans, Brives-Charensac, 24-29 août 1998, Résumés*, 33.
- Kieffer G., Vernet G., Raynal J.P., Juvigné E., Gambassini P., Ronchitelli A.M., 1998. Données nouvelles sur l'extension de l'ignimbrite campanienne, Italie. *Colloque INQUA/UISPP Téphrochronologie et co-existence hommes-volcans, Brives-Charensac, 24-29 août 1998, Résumés*, 102-104.
- Le Bas, M.J., Le Maitre R.W., Streckeisen A., Zanettin B., 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *J. Petrology*, 27, 745-750, Tulsa.
- Mastrolorenzo G., 1987. *Meccanismi eruttivi e deposizionali. Applicazioni ai Campi Flegrei*. PhD Thesis, Università degli Studi di Napoli Federico II.
- Paterne M., Guichard F., Labeyrie I., Gillot P.Y., Duplessy J.C., 1986. Tyrrhenian sea tephrochronology of the oxygen isotope recorded for the past 60 000 years. *Marine Geol.*, 72, 259-285.
- Paterne M., Guichard F., Labeyrie I., 1988. Explosive activity of the south Italian volcanoes during the past 80 000 years as determined by marine tephrochronology. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 34, 153-172.
- Paterne M., 1992. Additional remarks on tephra layers from Temnata Cave. in : *Temnata Cave, Excavations in Karlukovo karst area, Bulgaria.*, Jagellonian University Press, Cracow, 1992, 99-100.
- Pawlikowski M. - 1992. Analysis of tephra layers from TD-II et TD-V excavations. in : *Temnata Cave, Excavations in Karlukovo karst area, Bulgaria.*, Jagellonian University Press, Cracow, 1992, 89-98.
- Rosi M., Sbrana A., Principe C., 1987. The Flegrean Fields : structural evolution, volcanic history and eruptive mechanisms. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, vol. 17, 273.
- Rossano S., Mastrolorenzo G., De Natale G., Pingue F., 1996. Computer simulation of pyroclastic movement : an inverse approach. *Geophysical Research Letters*, vol. 233, 3779-3782.
- Ronchitelli A.M., 1995. Grotta Grande di Scario. in : P. Gambassini et al. Ed., *Collana Guide Archeologiche Preistoria e Protostoria in Italia, Volume 1 - Il Paleolitico dell'Italia centro-meridionale*, ABACO Ed., Forli, 38-41.
- Sarti L., 1995. Grotta di Porto Infreschi. in : P. Gambassini et al. Ed., *Collana Guide Archeologiche Preistoria e Protostoria in Italia, Volume 1 - Il Paleolitico dell'Italia centro-meridionale*, ABACO Ed., Forli, 38-41.
- Scandone R., Bellucci F., Lirer L., Rolandi G., 1991. The structure of the Campanian Plain and the activity of the Neapolitan Volcanoes (Italy). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, vol. 48, 1-3.
- Sparks R.S.J., Wilson L., Hulme G., 1978. Theoretical modelling of the generation, movement and emplacement of pyroclastic flows by column collapse. *J. Geophysical Research*, 83, 1727-1739.

Sparks R.S.J. et Huang T.C., 1980. The volcanological significance of deep-sea ash layers associated with ignimbrites. *Geol. Mag.*, 117, 425-36.

Thunell R., Federman A.N., Sparks R.S.J., Williams D., 1978. The age, origin and volcanological significance of the Y-5 ash layer in the Mediterranean. *Quaternary Research*, 12, 241-253.

Wilson C.J.N., 1985. The Taupo eruption, New Zealand. II. The Taupo ignimbrite. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Series A314, 229-310.

Wilson C.J.N. et Walker G.P.L., 1985. The Taupo eruption, New Zealand. I. General aspects. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Series A314, 199-228.

Yokoyama, S., 1974. Flow and emplacement mechanism of the Ito pyroclastic flow in southern Kyushu, Japan. *Sci. Rep. Tokyo Kyoiku Daigaku*, Sect. C, 12: 17-62.

G.K. UPRES-A 6042 CNRS, Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand II, France,
Centre de Recherches Volcanologiques et GDR 1122 CNRS
G.V. 7 rue du Mont Mouchet, 63320 Chadeleuf, AFAN, UPRES-A 6042 et GDR 1122 CNRS
J.P.R. Institut de Préhistoire et de Géologie du Quaternaire, U.M.R. 5808 C.N.R.S.,
Université de Bordeaux 1, Avenue des Facultés, F- 33405 TALENCE et GDR 1122 CNRS,
jpraynal@wanadoo.fr